

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年10月29日

出願番号  
Application Number: 特願2004-316228

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

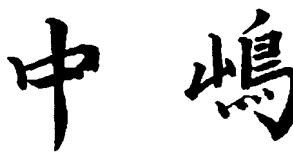
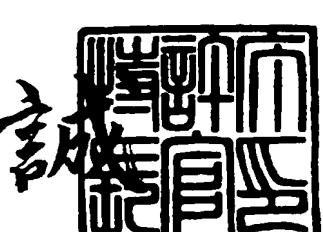
The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

J P 2004-316228

出願人  
Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

2005年10月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office.

中嶋誠  
  


BEST AVAILABLE COPY

【宣状文】  
【整理番号】 P008280  
【提出日】 平成16年10月29日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内  
【氏名】 瀬尾 哲史  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内  
【氏名】 熊木 大介  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内  
【氏名】 池田 寿雄  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内  
【氏名】 坂田 淳一郎  
【特許出願人】  
【識別番号】 000153878  
【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所  
【代表者】 山崎 舜平  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2004-278520  
【出願日】 平成16年 9月 24日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 002543  
【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

【請求項 1】

第1の電極、及び第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記第1の層の膜厚は、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

非透光性を有する第1の電極、及び透光性を有する第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

第1の電極、及び第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記第1の層は有機化合物と金属酸化物とが混在する層であり、前記第1の膜厚は、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

非透光性を有する第1の電極、及び透光性を有する第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記第1の層は有機化合物と金属酸化物とが混在する層であり、前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項3又は4において、

前記金属酸化物は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、又はレニウム酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

請求項3乃至5のいずれか一において、

前記有機化合物は、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル、4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル、4, 4', 4'-トリス(N, N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン、4, 4'-ビス[N-{4-(N, N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル}-N-フェニルアミノ]ビフェニル、フタロシアニン、銅フタロシアニン、又はバナジルフタロシアニンであることを特徴とする発光素子。

第1の電極、及び第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層、第4の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第4の層は正孔を発生する層であり、

前記第1の層の膜厚は、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項8】

非透光性を有する第1の電極、及び透光性を有する第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層、第4の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第4の層は正孔を発生する層であり、

前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれか一において、

前記第2の電極は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項10】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、

前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の第1の電極と、

前記複数の第1の電極に対向して設けられた第2の電極と、

前記複数の第1の電極と、前記第2の電極との間に、順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は第1乃至第3発光を発する発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記複数の第1の層の膜厚は、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なっていることを特徴とする発光装置。

【請求項11】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、

前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の非透光性を有する第1の電極と、

前記第1の電極に対向して設けられた透光性を有する第2の電極と、

前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は第1乃至第3発光を発する発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、

前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なっていることを特徴とする発光装置。

【請求項12】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、

前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の第1の電極と、

前記複数の第1の電極に対向して設けられた第2の電極と、

前記複数の第1の電極と、前記第2の電極との間に、順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、

第1の層は正孔を発生する層のソ、第2の層は第1の層の正孔を発する層であり、第3の層は電子を発生する層であり、前記複数の第1の層は有機化合物と金属酸化物とが混在する層であり、前記複数の第1の層の膜厚は、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なることを特徴とする発光装置。

【請求項13】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の非透光性を有する第1の電極と、前記第1の電極に対向して設けられた透光性を有する第2の電極と、前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層とを有し、第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は第1乃至第3発光を発する発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、前記複数の第1の層は有機化合物と金属酸化物とが混在する層であり、前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なることを特徴とする発光装置。

【請求項14】

請求項12又は13において、前記金属酸化物は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、又はレニウム酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項15】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の第1の電極と、前記複数の第1の電極に対向して設けられた第2の電極と、前記複数の第1の電極と、前記第2の電極との間に、順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層、第4の層とを有し、第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は第1乃至第3発光を発する発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第4の層は正孔を発生する層であり、前記複数の第1の層の膜厚は、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なることを特徴とする発光装置。

【請求項16】

信号線と走査線との交差部にそれぞれ設けられた複数のトランジスタと、前記複数のトランジスタに、それぞれ接続される複数の非透光性を有する第1の電極と、前記第1の電極に対向して設けられた透光性を有する第2の電極と、前記第1の電極と、前記第2の電極との間に順に設けられた第1の層、第2の層、第3の層、第4の層とを有し、第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は第1乃至第3発光を発する発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第4の層は正孔を発生する層であり、前記第1の層の膜厚は、前記発光層からの光と、前記発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、前記第1乃至第3発光を発する発光素子ごとに異なることを特徴とする発光装置。

【請求項17】

請求項12乃至16のいずれか一において、前記有機化合物は、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル、4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル、4,4',4'''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン、4,4',4'''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニ

ルノービン、4,4'-ビフェニル-4,4'-ジアミン、4,4'-ジアミノ-4,4'-ジメチルジフェニルアミン、4,4'-ジメチルジフェニルアミノ] ピフェニル、フタロシアニン、銅フタロシアニン、又はバナジルフタロシアニンであることを特徴とする発光素子。

### 【請求項 18】

請求項10乃至17のいずれか一において、

前記第2の電極は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物であることを特徴とする発光素子

6

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、発光層を有する発光素子、並びに該発光素子を有する発光装置、及びそれらの作製方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

発光層を有する発光素子は、ディスプレイに用いられるようになってきた。発光素子を用いたディスプレイは、液晶層を有するディスプレイと比較して、高視野角、高速応答、低消費電力、等の優れた点を有しており、さらなる開発が進められている。

## 【0003】

発光素子は、素子内での散乱や反射によって、その光の取り出し効率が低いことが問題であり、その向上が求められている。

## 【0004】

取り出し光の高効率化を達成するために、発光素子の電極である透明電極を発光色に対応した異なる膜厚とする構造が提案されている（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2003-142277号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

そこで本発明は、上記特許文献と異なる方法により、発光素子の光取り出し効率を高めることを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記課題を鑑み本発明は、発光素子を構成する層の膜厚を、各発光色で異ならせることを特徴とする。

## 【0007】

本発明の一形態は、第1の電極、及び第2の電極と、第1の電極と、第2の電極との間に、順に第1の層、第2の層、第3の層を有し、第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第1の層の膜厚は、各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子である。

## 【0008】

本発明の別形態は、非透光性を有する第1の電極、及び透光性を有する第2の電極と、第1の電極と、第2の電極との間に、順に第1の層、第2の層、第3の層を有し、第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は各発光色の発光層を含む層であり、第3の層は電子を発生する層であり、第1の層の膜厚は、発光層からの光と、発光層からの光が、第1の電極で反射した反射光とが強め合うように、各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子である。

## 【0009】

本発明において、第1の層は有機化合物と、無機化合物である金属酸化物とが混在する層であることを特徴とする。

## 【0010】

また本発明は、上記形態の発光素子と、発光素子への電流の供給を制御するトランジスタを有することを発光装置を提供することができる。

## 【発明の効果】

## 【0011】

このように、少なくとも第1の層から第3の層の膜厚を、各発光色で異ならせることにより、光の取り出し効率の低下を防止することができる。その結果、光の取り出し効率を最

八じりのじじかじ。じじかじ、電」に止しがせ和ロリの旨がつ入引電極じり向じる層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。

#### 【0012】

さらに厚膜化する必要のある層には、有機化合物と、無機化合物である金属酸化物などが混在した層とすると、所定の電流を得るために印加する電圧（駆動電圧とも表記する）が高くならず好ましい。その結果、発光装置の低消費電力化を図ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0013】

以下に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。但し、本発明は多くの異なる様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

#### 【0014】

##### （実施の形態1）

本実施の形態では、発光素子の構造について説明する。

#### 【0015】

図1に示すように、本発明の発光素子は、対向する第1の電極101、第2の電極102を有し、第1電極101から順に、第1の層111、第2の層112、第3の層113が積層されている。このような発光素子は、第2の電極102の電位よりも第1の電極101の電位が高くなるように電圧を印加すると、第1の層111から第2の層112へ正孔が注入され、第3の層113から第2の層112へ電子が注入される。正孔と、電子とが、第2の層112において再結合し、発光物質を励起状態にする。そして、励起状態の発光物質は、基底状態に戻るときに発光する。

#### 【0016】

このような発光素子において、各発光色を発する発光素子ごとに、少なくとも第1の電極及び第2の電極を除く各層のいずれか一つの膜厚を異ならせることを特徴とする。その結果、発光色毎の光の取り出し効率を高めることができる。

#### 【0017】

例えは、図2に示すように、赤系色（R）、緑系色（G）、青系色（B）を発光する発光素子は、非透光性を有する第1の電極101、及び透光性を有する第2の電極102を共有しており、それぞれ第1の層111R、111G、111B、第2の層112R、112G、112B、第3の層113R、113G、113Bを有する。そして、第1の層111R、111G、111Bを発光色毎に異ならせる。

#### 【0018】

その結果、直接第2の電極を介して認識する場合と、第1の電極で反射して第2の電極を介して認識する場合とで光路が異なることによる、光の取り出し効率の低下を防止することができる。

#### 【0019】

具体的には、第1の電極に光が入射した場合、反射光には位相の反転が生じ、これによって生じる光の干渉効果が生じる。その結果、発光領域と反射電極との光学距離、つまり屈折率×距離が、発光波長の $(2m-1)/4$ 倍（mは任意の正の整数）、即ち、 $m=1/4, 3/4, 5/4 \dots$ 倍の時には、発光の外部取り出し効率が高くなる。一方、 $m/2$ 倍（mは任意の正の整数）即ち、 $m=1/2, 1, 3/2 \dots$ 倍の時には発光の外部取り出し効率が低くなってしまう。

#### 【0020】

したがって、本発明の発光素子において、発光領域と反射電極との光学距離、つまり屈折率×距離が、発光波長の $(2m-1)/4$ 倍（mは任意の正の整数）となるように、第1の層から第3の層のいずれかの膜厚を各発光素子で異ならせる。

特に、第1の層から第3の層において、電子と正孔が再結合する層から反射電極との間の層の膜厚を異ならせるとよいが、電子と正孔が再結合する層から透光電極との間の膜厚を異ならせてもよい。さらに両者の膜厚を異ならせても構わない。その結果、発光を効率よく外部に取り出すことができる。

#### 【0022】

特に、第1の層から第3の層を蒸着法で形成し、いずれかの膜厚を異ならせる場合、蒸着マスクをそのまま用いることができる。一方、特許文献1に記載のように、電極の膜厚を異ならせるには、その分のフォトリソグラフィー法工程、エッチング工程が必要と考えられ、工程数が増加してしまう。

#### 【0023】

以上のようにして、本発明は、工程数を増加させることなく、光の取り出し効率の低下を防止することができる。

#### 【0024】

第1の層から第3の層のいずれかの膜厚を異ならせるので、層を厚膜化する必要がある。そこで本発明は、厚膜化する層に、有機化合物と、無機化合物である金属酸化物とが混在した層を用いることを特徴とする。

#### 【0025】

一般に、発光素子の層を膜厚化すると、駆動電圧が増加してしまうため、好ましくなかった。しかし、以下の実施例でも示すように、本発明者らは、厚膜化する層に、有機化合物と無機化合物である金属酸化物とを有する層を用いると、駆動電圧自体を低くでき、それを高くすることのないを見出した。

#### 【0026】

第1の層から第3の層のいずれかを厚膜化することにより、第1の電極と第2の電極とが短絡することを防止でき、量産性を高めることもでき、非常に好ましい。

#### 【0027】

このように本発明は、少なくとも第1の層から第3の層の膜厚を、各発光色で異ならせることを特徴とする。このとき、電子と正孔が再結合する層から反射電極との間となる層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。さらに厚膜化する必要のある層には、有機化合物と無機化合物である金属酸化物とが混在した層とすると、駆動電圧が高くならず好ましい。

#### 【0028】

##### (実施の形態2)

本実施の形態では、上記実施の形態と異なる発光素子の構造について説明する。

#### 【0029】

図15に示すように、本実施の形態に示す発光素子は、対向する第1の電極101、第2の電極102を有し、第1電極101から順に、第1の層111、第2の層112、第3の層113、第4の層128が積層されており、第4の層128を設けたことを特徴とする。第4の層128は、第1の層111と同様の材料から形成することができ、その他の構成は、上記実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

#### 【0030】

このように第4の層128を設けると、第2の電極112を形成するときのダメージを低減することができる。

#### 【0031】

そして各カラーフィルターに応じて、第4の層128を異ならせる。その結果、光の取り出し効率の低下を防止できる。

また膜厚を異ならせる場合、第4の層128は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物等の金属酸化物を用いるとよい。またこれら金属の窒化物であってもよいし、酸化窒化物であってもよい。

これら金属酸化物等を用いて厚膜化しても、駆動電圧を高める必要がないからである。

また第4の層128を厚膜化することにより、第2の電極112を形成するときのダメージのさらなる低減を期待できる。

[ 0 0 3 3 ]

さらに第4の層128に加えて、第1の層111の膜厚を、各カラーフィルターに応じて異ならせることができる。その結果、光の取り出し効率の低下防止に加え、複数の層の膜厚を異ならせることにより、さらなる発光素子の厚膜化を図ることができ、作製時の不良を低減することができる。

また第1の層111に上記モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物等の金属酸化物等を用いることにより、駆動電圧を高めることがない。

[ 0 0 3 4 ]

このように各カラーフィルターに応じて層の膜厚を異ならせる本発明は、発光素子の構造に限定されることなく用いることができる。

その結果、光の取り出し効率の低下を防止することができ、発光素子の厚膜化を図ることができます。

さらに、厚膜化する層に金属酸化物等を用いることにより、駆動電圧を高めることがなく好ましい。

[0035]

### (実施の形態3)

本実験の形態では、第1の層から第3の層、及び電極の材料について説明する。

[0.036]

第1の層111は、正孔を発生する層である。このような層としては、例えば、正孔輸送性物質と、その物質に対して電子受容性を示す物質とを含む層が挙げられる。また正孔輸送性物質に対して電子受容性を示す物質は、正孔輸送性物質に対して、モル比が0.5～2（＝正孔輸送性物質に対して電子受容性を示す物質／正孔輸送性物質）と成るように含まれていることが好ましい。

[ 0 0 3 7 ]

正孔輸送性物質とは、電子よりも正孔の輸送性が高い物質であり、例えば、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:  $\alpha$ -NPD)、4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: TPD)、4, 4', 4''-トリス(N, N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称: TDATA)、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: MTDATA)、4, 4'-ビス[N-{4-(N, N-ジ-*m*-トリルアミノ)フェニル}-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: DNTPD)等の芳香族アミン化合物や、フタロシアニン(略称: H<sub>2</sub>Pc)、銅フタロシアニン(略称: CuPc)、バナジルフタロシアニン(略称: VOPc)等のフタロシアニン化合物等の有機化合物を用いることができる。なお、正孔輸送性物質は、これらに限定されるものではない。

[0038]

また、正孔輸送性物質に対して電子受容性を示す物質は、例えは、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物等の金属酸化物を用いることができる。またこれら金属の窒化物であってもよいし、酸化窒化物であってもよい。なお正孔輸送性物質に対して電子受容性を示す物質は、これらに限定されれるものではない。

[0039]

正孔輸送性物質と、その物質に対して電子受容性を示す物質とが混在した第1の層111は、共蒸着法により作製することができる。具体的に第1の層111は、抵抗加熱蒸着同士による共蒸着法、電子ビーム蒸着同士による共蒸着法、抵抗加熱蒸着と電子ビーム蒸着による共蒸着法、抵抗加熱蒸着とスパッタリング法による成膜、電子ビーム蒸着とスパッタリングによる成膜など、同種、異種方法を組み合わせて形成することができる。また、上記例は2種の材料を含む層を想定しているが、3種以上の材料を含む場合も同様に、同

性、共性力伝導性の有りで構成することができる。

#### 【0040】

なお第1の層111に、その他の有機化合物を含んでいてもよい。その他の有機化合物には、ルブレン等が挙げられる。ルブレンを加えることにより、信頼性を向上させることができる。

#### 【0041】

この他、第1の層111は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、コバルト酸化物、銅酸化物のような金属酸化物からなる層としてもよい。またこれら金属の窒化物であってもよいし、酸化窒化物であってもよい。

#### 【0042】

但し、第1の層111は、上記のように有機化合物と金属酸化物とを有する層から形成する方が導電性が高くなり、好ましい。導電性が高いと、第1の層111を厚膜化することができる。

#### 【0043】

第2の層112は、発光層を含む層である。第2の層112の層構造は、単層でも多層でも構わない。例えば、図1に示すように、第2の層112は、発光層122の他、電子輸送層121、正孔輸送層123、正孔注入層124を含む多層でもよいし、または発光層122のみからなる単層であってもよい。なお、発光物質とは、発光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質である。

#### 【0044】

第2の層112は、発光物質が、発光物質の有するエネルギーギャップよりも大きいエネルギーギャップを有する物質からなる層中に、分散して含まれた層であることが好ましいが、これに限定されない。なお、エネルギーギャップとはLUMO準位とHOMO準位との間のエネルギーギャップをいう。また発光物質は、発光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質を用いればよい。

#### 【0045】

発光物質を分散状態にするために用いる物質は、例えば、9,10-ジ(2-ナフチル)-2-tert-ブチルアントラセン(略称:t-BuDNA)等のアントラセン誘導体、または4,4'-ビス(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)等のカルバゾール誘導体の他、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ビリジナト]亜鉛(略称:Zn<sub>ppz</sub>)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称:ZnBOX)等の金属錯体等を用いることができる。但し、発光物質を分散状態にするために用いる物質はこれらの材料に限定されない。上記のような構造であると、発光物質からの発光が、濃度に起因して消光してしまうことを防ぐことができる。

#### 【0046】

赤色系の発光を得たいときには、4-ジシアノメチレン-2-イソプロピル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ビラン(略称:DCJTI)、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ビラン(略称:DCJT)、4-ジシアノメチレン-2-tert-ブチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ビラン(略称:DCJTB)やベリフランテン、2,5-ジシアノ-1,4-ビス[2-(10-メトキシ-1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]ベンゼン、ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナイト]イリジウム(アセチルアセトナート)(略称:Ir[Fdppq]<sub>2</sub>acac)等を用いることができる。但しこれらの材料に限定されず、600nmから680nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。

#### 【0047】

緑色系の発光を得たいときは、N,N'-ジメチルキナクリドン(略称:DMQd)、クマリン6やクマリン545T、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq

する。但し、これつけては、UV-VIS-NIRの範囲で、300nmから500nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。

#### 【0048】

青色系の発光を得たいときは、9, 10-ビス(2-ナフチル)-tert-ブチルアントラセン(略称: t-BuDNA)、9, 9'-ビアントリル、9, 10-ジフェニルアントラセン(略称: DPA)、9, 10-ビス(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトガリウム(略称: BGaq)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトアルミニウム(略称: BA1q)等を用いることができる。但しこれらの材料に限定されず、420nmから500nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。

#### 【0049】

第3の層113は、電子を発生する層である。このような層としては、例えば、電子輸送性物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層が挙げられる。なお電子輸送性物質とは、正孔よりも電子の輸送性が高い物質であり、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq<sub>3</sub>)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Almq<sub>3</sub>)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリリウム(略称: BeBq<sub>2</sub>)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトアルミニウム(略称: BA1q)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称: Zn(BOX)<sub>2</sub>)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称: Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等の金属錯体の他、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1, 3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニリル)-1, 2, 4-トリアゾール(略称: TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1, 2, 4-トリアゾール(略称: p-EtTAZ)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、4, 4'-ビス(5-メチル-ベンズオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称: BzOS)等を用いることができる。但し、電子輸送性物質はこれらに限定されない。

#### 【0050】

また、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質は、例えば、リチウム、セシウム等のアルカリ金属、マグネシウム、カルシウム等のアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウム等の希土類金属等を用いることができる。但し、電子輸送物質に対して電子供与性を示す物質は、これらに限定されない。なお、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質は、電子輸送性物質に対して、モル比が0.5~2(=電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質/電子輸送性物質)と成るように含まれていることが好ましい。

#### 【0051】

また、第3の層113は、酸化亜鉛、硫化亜鉛、セレン化亜鉛、酸化スズ、酸化チタンのような物質からなる層であってもよい。

#### 【0052】

以上のような、発光素子において、第3の層113に含まれる電子輸送性物質の電子親和力と、第2の層112に含まれる層のうち第3の層113と接する層に含まれる物質の電子親和力との差は、好ましくは2eV以下、より好ましくは1.5eV以下である。また、第3の層113がn型の半導体からなるとき、n型の半導体の仕事関数と、第2の層112に含まれる層のうち第3の層113と接する層に含まれる物質の電子親和力との差は、好ましくは2eV以下、より好ましくは1.5eV以下である。

#### 【0053】

なお、第3の層113に含まれる層のうち第2の層112と接する層は、第2の層112

### 【0054】

また、第2の層112が発光層のみの単層構造からなる場合があったり、又は電子輸送層124等を有しない場合もある。

### 【0055】

このように、第3の層113が第2の層112と第2の電極102を接合することによって、第2の電極102から第2の層112への電子の注入が容易になる。

### 【0056】

次に電極について説明する。第1の電極101と第2の電極102とは、いずれか一方が可視光を透過でき、導電性を有する物質で形成する。これによって、第1の電極101と第2の電極102のいずれか一方の電極を介して発光を外部に取り出すことができる。

### 【0057】

第1の電極101の材料は、アルミニウム(A1)の他、インジウム錫酸化物(ITO)、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(便宜上NITOと表記する)、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム等の透光性材料の他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンクステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、若しくはパラジウム(Pd)等の金属材料、又はこれらの積層構造を用いることができる。例えば、第1の電極に透光性が必要な場合、上記の金属材料を薄くし、半透明性を有するように形成し、その上に透光性材料を積層する構成がある。勿論、半透明性を有する金属材料を単層で用いてもよい。但し、第1の電極の材料は、これらに限定されない。

### 【0058】

また、第2の電極102の材料は、インジウム錫酸化物(ITO)、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(便宜上NITOと表記する)、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム等の透光性材料の他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンクステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、若しくはパラジウム(Pd)等の金属材料、又はこれらの積層構造を用いることができる。例えば、第2の電極に透光性が必要な場合、上記の金属材料を薄くし、半透明性を有するように形成し、その上に透光性材料を積層する構成がある。勿論、半透明性を有する金属材料を単層で用いてもよい。但し、第2の電極の材料はこれらに限定されない。

### 【0059】

なお、第1の電極101、又は第2の電極102は、スパッタリング法や蒸着法等を用いて形成することができる。

### 【0060】

なお、前述のように、第3の層113と発光層123との間に電子輸送層124を有することができる。このように、電子輸送層124を設けたことにより、第2の電極102および金属が含まれた第3の層113と、発光層123との距離を長くすることができ、発光が金属に起因して消光することを防ぐことができる。なお、電子輸送層124とは、注入された電子を発光層123へ輸送する機能を有する層である。

### 【0061】

電子輸送層124の材料は、上述したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、BeB<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、BaAl<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Zn(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Zn(B<sub>2</sub>T<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>2</sub>、PBD、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPhen、BCP等を用いて形成することができる。但し、電子輸送層はこれらに限定されず、正孔の移動度よりも、電子の移動度が高い電子輸送性物質を用いて形成すればよい。具体的には $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質を用いて、電子輸送層124を形成すると好ましい。また電子輸送層124は、上記に記載の物質からなる層を二以上組み合わせて形成した多層構造の層であってもよい。

### 【0062】

また、本実施の形態では、第1の電極101と発光層123との間には、図1に示すように、正孔輸送層122を有することができる。このように、正孔輸送層122を設けたこ

これにより、第1の電極101より發せられた光が正孔輸送層122を経て、光路100の距離を長くすることができ、發光が金属に起因して消光することを防ぐことができる。なお、正孔輸送層122とは、第1の電極101から注入された正孔を發光層123へ輸送する機能を有する層である。

#### 【0063】

正孔輸送層122について、上述した $\alpha$ -NPD、TPD、T DATA、MT DATA、DNTPDなどを用いることができる。但し、正孔輸送層122は、これらに限定されず、前述のような電子の移動度よりも正孔の移動度が高い正孔輸送性物質を用いて形成することができる。具体的には $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質を用いて、正孔輸送層122を形成すると好ましい。また、正孔輸送層122は、上記に記載の物質からなる層を二以上組み合わせて形成した多層構造の層であってもよい。

#### 【0064】

さらに、第1の電極101と正孔輸送層122との間には、図1に示すように、正孔注入層121を有していてもよい。なお、正孔注入層121とは、第1の電極101から正孔輸送層122へ正孔の注入を補助する機能を有する層である。なお、第1の層111があるため、正孔注入層121を不要とすることができる。すなわち、第1の層111が正孔の注入を補助する機能を奏すことができる。

#### 【0065】

正孔注入層121は、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タンゲステン酸化物、マンガン酸化物等の金属酸化物によって形成されたものを用いることができる。この他、上述した $\text{H}_2\text{Pc}$ 、 $\text{CuPc}$ 、 $\text{VOPc}$ 等のフタロシアニン系の化合物、DNTPD等の芳香族アミン系の化合物、或いはポリ(エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)混合物(PEDOT/PPS)等の高分子によっても正孔注入層121を形成することができる。また、上述した正孔輸送性物質と、その物質に対して電子受容性を示す物質とを含む層により、正孔注入層121を形成してもよい。但し、正孔注入層121は、これらに限定されるものではない。

また、正孔注入層121は、第1の層111を兼ねることもできる。

#### 【0066】

##### (実施の形態4)

本実施の形態では、発光素子のを有する画素の断面構造について、具体的に説明する。発光素子への電流の供給を制御するトランジスタ(駆動用トランジスタ)がp型薄膜トランジスタ(TFT)の場合における、画素の断面構造について、図3を用いて説明する。なお本実施の形態では、発光素子が有する第1の電極101と第2の電極102の2つの電極のうち、トランジスタによって電位を制御することができる一方の電極を陽極、他方の電極が陰極である場合について説明する。

#### 【0067】

図3に、各TFT601R、601G、601Bがp型で、発光素子603から発せられる光を第2の電極102側から取り出す、いわゆる上方出射型の場合であって、各発光色(RGB)を有する画素の断面図を示す。図3では、発光素子603の第1の電極101と、TFT601R、601G、601Bがそれぞれ電気的に接続されている。

#### 【0068】

TFT601R、601G、601Bは、厚さが10nm乃至200nmであって、島状に分離された半導体膜により、チャネル形成領域が形成されている。半導体膜は、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜、微結晶半導体膜のいずれを用いてもよい。例えは、非晶質半導体膜を形成する場合、まず非晶質半導体膜を形成し、加熱処理により結晶化された結晶性半導体膜を形成することができる。加熱処理とは、加熱炉、レーザー照射、若しくはレーザー光の代わりにランプから発する光の照射(以下、ランプアニールと表記する)、又はそれらを組み合わせて用いることができる。

#### 【0069】

レーザー照射を用いる場合、連続発振型のレーザー(CWレーザー)やパルス発振型のレ

一ツ一ツハルヘレーナーで用いられていける。

### 【0070】

またさらにレーザーの入射角を、半導体膜に対して $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) となるようにしてもよい。その結果、レーザーの干渉を防止することができる。

### 【0071】

なお連続発振の基本波のレーザー光と連続発振の高調波のレーザー光とを照射するよりもよいし、連続発振の基本波のレーザー光とパルス発振の高調波のレーザー光とを照射するよりもよい。複数のレーザー光を照射することにより、エネルギーを補うことができる。

### 【0072】

またパルス発振型のレーザーであって、半導体膜がレーザー光によって溶融してから固化するまでに、次のパルスのレーザー光を照射できるような発振周波数でレーザー光を発振させることで、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を得ることができる。すなわち、パルス発振の周期が、半導体膜が溶融してから完全に固化するまでの時間よりも短くなるように、発振の周波数の下限を定めたパルスビームを使用することができる。実際に用いることができるパルスビームの発振周波数は 10 MHz 以上であって、通常用いられている数十 Hz ~ 数百 Hz の周波数帯よりも著しく高い周波数帯を使用する。

### 【0073】

その他の加熱処理として、加熱炉を用いる場合、非晶質半導体膜を 500 ~ 550 °C で 2 ~ 20 時間かけて加熱する。このとき、徐々に高温となるように温度を 500 ~ 550 °C の範囲で多段階に設定するとよい。最初の低温加熱工程により、非晶質半導体膜の水素等が出てくるため、結晶化の際の膜荒れを低減する、いわゆる水素だしを行うことができる。さらに、結晶化を促進させる金属元素、例えは Ni を非晶質半導体膜上に形成すると、加熱温度を低減することができ好ましい。このような金属元素を用いた結晶化であっても、600 ~ 950 °C に加熱しても構わない。

### 【0074】

但し、金属元素を形成する場合、半導体素子の電気特性に悪影響を及ぼすことが懸念されるので、該金属元素を低減又は除去するためのゲッタリング工程を施す必要が生じる。例えは、非晶質半導体膜をゲッタリングシンクとして金属元素を捕獲するよう工程を行えばよい。

### 【0075】

さらに TFT601R、601G、601B は、該半導体膜を覆うゲート絶縁膜、第1の導電膜及び第2の導電膜が積層しているゲート電極、ゲート電極上に絶縁膜が設けられている。

### 【0076】

TFT601R、601G、601B は、P 型を有し、半導体膜は高濃度不純物領域のみを有するシングルドレイン構造とする。また TFT601R、601G、601B は、半導体膜に低濃度不純物領域、及び高濃度不純物領域を有する LDD (低濃度ドレイン) 構造としてもよい。

### 【0077】

TFT601R、601G、601B は層間絶縁膜 607 で覆われており、層間絶縁膜 607 上には開口部を有する隔壁 608 が形成されている。隔壁 608 の開口部において第1の電極 604 が一部露出しており、該開口部において第1の電極 101、各電界発光層 605R、605G、605B、第2の電極 102 が順に積層されている。

### 【0078】

電界発光層 605R、605G、605B は、第1の層 111、第2の層 112、第3の層 113 に相当し、発光色毎に、第1の層から第3の層のいずれかの膜厚が異なっている。本実施の形態は、上方出射型であるため、第1の電極 101 に近い第1の層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。その結果、光の取り出し効率の低下を防止できる。さらに好ましくは、第1の層に有機化合物と、金属酸化物とが混在する層を用いると、膜厚化に

より駆動電圧の上昇を防止できる。なお、第1の電極101と、ガスルーム共なることもできる。

#### 【0079】

本実施の形態は上方出射型の場合であるため、第1の電極101は、非透光性材料、つまり反射性の高い材料から形成する。具体的な材料は、アルミニウム(A1)、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンクステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、若しくはパラジウム(Pd)等の金属材料を用いることができる。また、透光性材料であるインジウム錫酸化物(ITO)、酸化珪素を含むインジウム錡酸化物(便宜上NITOと表記する)、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウムを積層した構造を用いてもよい。なお、第1の電極材料は、これらに限定されない。

#### 【0080】

また、第2の電極102の材料は、透光性材料から形成し、さらに仕事関数の大きい物質で形成されていることが好ましい。具体的には、インジウム錫酸化物(ITO)、酸化珪素を含むインジウム錡酸化物(便宜上NITOと表記する)、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウムを用いることができる。また非透光性材料である、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンクステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、若しくはパラジウム(Pd)等であっても、透光性を有する程度に薄膜化して用いることができる。またこれらの材料の積層構造を用いることができる。但し、第2の電極材料はこれらに限定されない。

#### 【0081】

なお、供給を制御するトランジスタがp型であるため、TFT601R、601G、601Bに接続される配線をそのまま第1の電極101とすることもできる。

#### 【0082】

なお、第1の電極101、又は第2の電極102は、スパッタ法や蒸着法等を用いて形成することができる。

#### 【0083】

層間絶縁膜607は、有機樹脂材料、無機絶縁材料またはシロキサン系材料を出発材料として形成されたSi-O-Si結合を含む絶縁物(以下、シロキサン系絶縁物と呼ぶ)を用いて形成することができる。シロキサン系絶縁物は、置換基に水素を有し、その他の置換基に、フッ素、アルキル基、または芳香族炭化水素のうち少なくとも1種を有してもよい。また層間絶縁膜607に、低誘電率材料(low-k材料)と呼ばれる材料を用いてもよい。

#### 【0084】

隔壁608は、有機樹脂材料、無機絶縁材料またはシロキサン系絶縁物を用いて形成することができる。有機樹脂材料ならば、例えばアクリル、ポリイミド、ポリアミドなど、無機絶縁材料ならば酸化珪素、窒化酸化珪素などを用いることができる。特に感光性の有機樹脂材料を隔壁608に用いて、第1の電極101上に開口部を形成し、その開口部の側壁が連続した曲率を持って形成される傾斜面となるように形成することで、第1の電極101と第2の電極102とが短絡してしまうのを防ぐことができる。

#### 【0085】

このような画素の場合、発光素子603から発せられる光を、白抜きの矢印で示すように第2の電極102側から取り出すことができる。

#### 【0086】

次に図4に、TFT601R、601G、601Bがp型で、発光素子603から発せられる光を第2の電極102側から取り出す、いわゆる下方出射型の場合の、各発光色(RGB)を有する画素の断面図を示す。

#### 【0087】

図4では、発光素子603の第1の電極101と、TFT601R、601G、601Bがそれぞれ電気的に接続されている。また第1の電極101上に各電界発光層605R、

### 【0088】

TFT601R、601G、601Bは図3と同様に形成することができる。また下方出射型であるため、第1の電極101は透光性を有し、第2の電極102は非透光性を有する。これらの材料は、図3の第1の電極及び第2の電極に関する説明を参照することができる。

### 【0089】

各電界発光層605R、605G、605Bも、図3で示した電界発光層と同様に形成することができ、RGB毎に、第1の層から第3の層のいずれかの膜厚が異なっている。図4では、下方出射型の場合を示しているため、第2の電極102に近い第3の層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。その結果、光の取り出し効率の低下を防止できる。さらに好ましくは、第3の層に有機化合物と、金属酸化物とか混在する層を用いると、膜厚化による駆動電圧の上昇を防止できる。なお、第1の層の膜厚を、各発光色で異ならせることもできる。

### 【0090】

図4に示した画素の場合、発光素子613から発せられる光を、白抜きの矢印で示すように第2の電極102側から取り出すことができる。

### 【0091】

本実施の形態は、上記の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

### 【0092】

#### (実施の形態5)

本実施の形態では、発光素子への電流の供給を制御するトランジスタ(駆動用トランジスタ)がn型TFTの場合における、画素の断面構造について説明する。なお本実施の形態では、第1の電極が陰極、第2の電極が陽極の場合について説明する。

### 【0093】

図5に、TFT611R、611G、611Bがn型で、発光素子613から発せられる光を第1の電極101側から取り出す場合、いわゆる上方出射型の、画素の断面図を示す。図5では、発光素子613の第1の電極101と、TFT611R、611G、611Bがそれぞれ電気的に接続されている。また第1の電極101上に各電界発光層615R、615G、615B、第2の電極102が順に積層されている。

### 【0094】

TFT611R、611G、611Bは、上記実施の形態のTFT601R、601G、601Bと同様に形成することができる。

### 【0095】

上方出射型であるため、第1の電極101は、非透光性を有し、第2の電極102は透光性を有する材料から形成する。これら材料は、上記実施の形態を参照することができる。なお、供給を制御するトランジスタがn型であるため、TFT611R、611G、611Bに接続される配線をそのまま第1の電極101とすることができる。

### 【0096】

電界発光層615R、615G、615Bは、上記実施の形態の電界発光層605R、605G、605Bと同様に形成することができる。ただし、電界発光層615が発光層の他に、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層のいずれかを有している場合、第1の電極101が陰極であるため、第1の電極101から電子注入層、電子輸送層、発光層、正孔輸送層、正孔注入層の順に積層する。

### 【0097】

この電界発光層615R、615G、615Bは、第1の層111、第2の層112、第3の層113に相当し、発光色毎に、第1の層から第3の層のいずれかの膜厚が異なっている。本実施の形態は、上方出射型であるため、第1の電極101に近い第1の層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。その結果、光の取り出し効率の低下を防止できる。さらに好ましくは、第1の層に有機化合物と、金属酸化物とか混在する層を用いると、膜厚

ルによる駆動電圧の上昇を防止できる。なお、第1ノードの状態を、廿九ルロー共なることのできる。

#### 【0098】

図5に示した画素の場合、発光素子613から発せられる光を、白抜きの矢印で示すように第2の電極102側から取り出すことができる。

#### 【0099】

次に図6に、TFT611R、611G、611Bがn型で、発光素子613から発せられる光を第1の電極101側から取り出す、いわゆる下方出射型の場合の、各発光色(RGB)を有する画素の断面図を示す。

#### 【0100】

図6では、発光素子613の第1の電極101と、TFT611R、611G、611Bがそれぞれ電気的に接続されている。また第1の電極101上に各電界発光層615R、615G、615B、第2の電極6046が順に積層されている。

#### 【0101】

TFT611R、611G、611Bは、上記実施の形態と同様に形成することができる。また下方出射型であるため、第1の電極101は透光性を有し、第2の電極102は非透光性を有する。これら材料は、上記実施の形態を参照することができる。

#### 【0102】

各電界発光層615R、615G、615Bも、上記実施の形態と同様に形成することができ、RGB毎に、第1の層から第3の層のいずれかの膜厚が異なっている。ただし、電界発光層615が発光層の他に、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層のいずれかを有している場合、第1の電極101が陰極であるため、第1の電極101から電子注入層、電子輸送層、発光層、正孔輸送層、正孔注入層の順に積層する。

#### 【0103】

図6では、下方出射型の場合を示しているため、第2の電極102に近い第3の層の膜厚を、各発光色で異ならせるとよい。その結果、光の取り出し効率の低下を防止できる。さらに好ましくは、第3の層に有機化合物と、金属酸化物とが混在する層を用いると、膜厚化による駆動電圧の上昇を防止できる。なお、第1の層の膜厚を、各発光色で異ならせることもできる。

#### 【0104】

図6に示した画素の場合、発光素子613から発せられる光を、白抜きの矢印で示すように第2の電極102側から取り出すことができる。

#### 【0105】

本実施の形態は、上記の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

#### (実施の形態6)

本実施の形態では、発光素子を有する画素の等価回路図について、図7を用いて説明する。

#### 【0106】

図7(A)は、画素の等価回路図の一例を示したものであり、信号線6114、電源線6115、走査線6116、それらの交差部に、発光素子6113、トランジスタ6110、6111、容量素子6112を有する。信号線6114には信号線駆動回路によって映像信号が入力される。トランジスタ6110は、走査線6116に入力される選択信号に従って、トランジスタ6111のゲートへの、該映像信号の供給を制御することができる。トランジスタ6111は、該映像信号の電位に従って、発光素子6113への電流の供給を制御することができる駆動用トランジスタである。容量素子6112は、トランジスタ6111のゲート・ソース間の電圧を保持することができる。なお、図7(A)では、容量素子6112を図示したが、トランジスタ6111のゲート容量や他の寄生容量で賄うことが可能な場合には、設けなくてもよい。

#### 【0107】

図7(B)は、図7(A)に示した画素に、トランジスタ6118と走査線6119を新

に切り替わる寸前で止まる。トランジスタ6110により、トランジスタ6111のゲートとソースを同電位とし、強制的に発光素子6113に電流が流れない状態を作ることができるため、全ての画素に映像信号が入力される期間よりも、サブフレーム期間の長さを短くすることができる。また駆動方法によって、図7(A)に示す画素であっても、強制的に発光素子6113に電流が流れない状態を作ることができる。

#### 【0108】

図7(C)は、図7(B)に示した画素に、新たにトランジスタ6125と、配線6126を設けた画素の等価回路図である。トランジスタ6125は、そのゲートの電位が、配線6126によって固定されている。そして、トランジスタ6111とトランジスタ6125は、電源線6115と発光素子6113との間に直列に接続されている。よって図7(C)では、トランジスタ6125により発光素子6113に供給される電流の値が制御され、トランジスタ6111により発光素子6113への該電流の供給の有無が制御できる。

#### 【0109】

なお、本発明の画素回路は、本実施の形態で示した構成に限定されない。また本実施の形態は、上記の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

#### 【0110】

##### (実施の形態7)

本発明の発光装置を備えた電子機器として、テレビジョン装置（単にテレビ、又はテレビジョン受信機ともよぶ）、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話装置（単に携帯電話機、携帯電話ともよぶ）、PDA等の携帯情報端末、携帯型ゲーム機、コンピュータ用のモニター、コンピュータ、カーオーディオ等の音響再生装置、家庭用ゲーム機等の記録媒体を備えた画像再生装置等が挙げられる。その具体例について、図8を参照して説明する。

#### 【0111】

図8(A)に示す携帯情報端末機器は、本体9201、表示部9202等を含んでいる。表示部9202は、本発明の発光装置を適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成された携帯情報端末機器を提供することができる。

#### 【0112】

図8(B)に示すデジタルビデオカメラは、表示部9701、表示部9702等を含んでいる。表示部9701は本発明の発光装置を適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成されたデジタルビデオカメラを提供することができる。

#### 【0113】

図8(C)に示す携帯電話機は、本体9101、表示部9102等を含んでいる。表示部9102は、本発明の発光装置適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成された携帯電話機を提供することができる。

#### 【0114】

図8(D)に示す携帯型のテレビジョン装置は、本体9301、表示部9302等を含んでいる。表示部9302は、本発明の発光装置を適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成された携帯型のテレビジョン装置を提供することができる。またテレビジョン装置としては、携帯電話機などの携帯端末に搭載する小型のものから、持ち運びをすることができる中型のもの、また、大型のもの（例えば40インチ以上）まで、幅広いものに、本発明の発光装置を適用することができる。

#### 【0115】

図8(E)に示す携帯型のコンピュータは、本体9401、表示部9402等を含んでいる。表示部9402は、本発明の発光装置を適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成された携帯型のコンピュータを提供することができる。

#### 【0116】

図〇〇ノに小タノレヒンコノ衣直は、半ササリ、衣小即サソム寸を占めている。表示部9502は、本発明の発光装置を適用することができる。その結果、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成されたテレビジョン装置を提供することができる。

### 【0117】

このように、本発明の発光装置により、光取り出し効率が最大となり、低消費電力化が達成された電子機器を提供することができる。

### 【実施例】

#### 【0118】

##### (実施例1)

本実施例では、各発光色を発する素子の発光強度を多重干渉数値計算から求めた結果を図13に示す。

#### 【0119】

図13に示す赤色系を発光する素子の構造は、 $A_1 \setminus NITO \setminus \alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン $\setminus \alpha - NPD \setminus Alq_3$  ( $Ir[Fdpq]_2 aca$ ) $\setminus Alq_3 \setminus BzOS : Li \setminus NITO$ であり、それぞれの膜厚は $100 \setminus 10 \setminus 20 \setminus 10 \setminus 40 \setminus 20 \setminus 20 \setminus 110$ （単位はすべてnm）である。なお「：」は、抵抗加熱蒸着同士による共蒸着法により形成し、各物質が混在した層になっていることを示し、「\」は各層が積層していることを示し、以下同様である。

#### 【0120】

この素子構造において、第1の電極101には $A_1$ 及び $NITO$ が相当し、第1の層111には $\alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン及び $\alpha - NPD$ が相当し、第2の層112には $Alq_3$  ( $Ir[Fdpq]_2 aca$ )が相当し、第3の層113には $Alq_3$ 及び $BzOS : Li$ が相当し、第2の電極102には $NITO$ が相当する。なおこれら素子構造において、 $A_1$ や $NITO$ はスパッタリング法により作製し、その他の層は蒸着法により作製した。

#### 【0121】

また緑色系を発光する素子の構造は、 $A_1 \setminus NITO \setminus \alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン $\setminus \alpha - NPD \setminus Alq_3$  ( $DMQd$ ) $\setminus Alq_3 \setminus BzOS : Li \setminus NITO$ であり、それぞれの膜厚は $100 \setminus 10 \setminus 120 \setminus 10 \setminus 40 \setminus 20 \setminus 20 \setminus 110$ （単位はすべてnm）である。なおこれら素子構造において、 $A_1$ や $NITO$ はスパッタリング法により作製し、その他の層は蒸着法により作製した。

#### 【0122】

この素子構造において、第1の電極101には $A_1$ 及び $NITO$ が相当し、第1の層111には $\alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン及び $\alpha - NPD$ が相当し、第2の層112には $Alqe$  ( $DMQd$ )が相当し、第3の層113には $Alq_3$ 及び $BzOS : Li$ が相当し、第2の電極102には $NITO$ が相当する。

#### 【0123】

また青色系を発光する素子の構造は、 $A_1 \setminus NITO \setminus \alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン $\setminus \alpha - NPD \setminus tBuDNA \setminus Alq_3 \setminus BzOS : Li \setminus NITO$ であり、それぞれの膜厚は $100 \setminus 10 \setminus 220 \setminus 10 \setminus 40 \setminus 20 \setminus 20 \setminus 110$ （単位はすべてnm）である。なおこれら素子構造において、 $A_1$ や $NITO$ はスパッタリング法により作製し、その他の層は蒸着法により作製した。

#### 【0124】

この素子構造において、第1の電極101には $A_1$ 及び $NITO$ が相当し、第1の層111には $\alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレン及び $\alpha - NPD$ が相当し、第2の層112には $tBuDNA$ が相当し、第3の層113には $Alq_3$ 及び $BzOS : Li$ が相当し、第2の電極102には $NITO$ が相当する。

#### 【0125】

これら素子構造は、上方出射型であり、第1の電極101に近い層である、 $\alpha - NPD$ ：モリブデン酸化物：ルブレンの膜厚が、各発光色を発する素子で異なっていることを特徴

## 【0126】

また図14には、各発光色において同様となる第2の層、つまり発光層をガラス基板に蒸着し、紫外光を使って励起し、発光スペクトルを測定したフォトルミネッセンススペクトルの結果を示す。なお、図14において、各発光強度は規格化されている。

## 【0127】

図14と比べると、図13では各発光色の素子の発光強度が高くなっていることがわかる。すなわち、 $\alpha$ -NPD:モリブデン酸化物:ルブレンの膜厚を異ならせたことにより、発光強度を高めることができた。その結果、各発光色の素子からの光を効率よく取り出すことができる。

## 【0128】

## (実施例2)

上記実施例1では、 $\alpha$ -NPD:モリブデン酸化物:ルブレンの膜厚が厚くなっていることは、本発明の特徴との一つである。そこで本実施例では、発光素子の膜厚と駆動電圧の関係について説明する。

## 【0129】

図9には、ITO\CuPc(20nm)\ $\alpha$ -NPB(Xnm)\Alq<sub>3</sub>:DMQd(37.5nm)\Alq<sub>3</sub>(37.5nm)\フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)(1nm)\Al(200nm)を有する素子構造において、 $\alpha$ -NPBの膜厚をX=60nm(試料(1))、80nm(試料(2))、100nm(試料(3))、120nm(試料(4))、140nm(試料(5))、160nm(試料(6))としたときの電流密度(mA/cm<sup>2</sup>)対電圧(V)特性のグラフを示す。また表1には、上記電流密度(mA/cm<sup>2</sup>)対電圧(V)特性の結果を示す。

## 【0130】

## 【表1】

試料	膜厚:X(nm)	電圧(V)*1
(1)	60	12.5
(2)	80	13.5
(3)	100	15.3
(4)	120	16.5
(5)	140	18.9
(6)	160	19.9

## 【0131】

図9より、 $\alpha$ -NPBの膜厚が増すにつれ、電圧が高くなっていくことがわかる。従って、所定の電流密度を得るために、駆動電圧も、 $\alpha$ -NPBの膜厚が増すにつれて、高くなってしまう。

## 【0132】

また図10には、ITO\モリブデン酸化物(Xnm)\CuPc(20nm)\ $\alpha$ -NPB(40nm)\Alq<sub>3</sub>:DMQd(37.5nm)\Alq<sub>3</sub>(37.5nm)\フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)(1nm)\Al(200nm)を有する素子構造において、モリブデン酸化物の膜厚をX=20nm(試料(7))、50nm(試料(8))、100nm(試料(9))としたときの電流密度(mA/cm<sup>2</sup>)対電圧(V)特性のグラフを示す。また表2には、上記電流密度(mA/cm<sup>2</sup>)対電圧(V)特性の結果を示す。

## 【0133】

試料	膜厚:X(nm)	電圧(V) <sup>*1</sup>
(7)	20	11.7
(8)	50	11.9
(9)	100	12.7

## 【 0134 】

図10より、モリブデン酸化物の膜厚が増すにつれ、電圧が高くなっていることがわかる。従って、所定の電流密度を得るために駆動電圧も、モリブデン酸化物の膜厚が増すにつれて、高くなってしまう。

## 【 0135 】

このように発光素子の膜厚を厚くすると、駆動電圧が高くなることがわかる。

## 【 0136 】

しかし本発明者らは、有機化合物と、無機化合物である金属酸化物とを有する層を形成すると、膜厚が増しても駆動電圧が高くならないことを見出した。図11には、有機化合物にDNTPDを用い、金属酸化物にモリブデン酸化物を用い、抵抗加熱蒸着同士による共蒸着法により、これらが混在した層を形成した素子構造の電流密度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )対電圧(V)特性のグラフを示す。なお具体的な素子構造は、NITO\DNTPD:モリブデン酸化物:ルブレン(X nm)\ $\alpha$ -NPD(10 nm)\Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:クマリン6(37.5 nm)\Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(37.5 nm)\LiF(1 nm)\Al(200 nm)であって、DNTPD:モリブデン酸化物:ルブレン(X nm)の膜厚をX=40 nm(試料(10))、80 nm(試料(11))、120 nm(試料(12))、160 nm(試料(13))としている。なおルブレンを共蒸着することにより、信頼性を高めることができる。また表3には、上記電流密度( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )対電圧(V)特性の結果を示す。

## 【 0137 】

【表3】

試料	膜厚:X(nm)	電圧(V) <sup>*1</sup>
(10)	40	6.1
(11)	80	6.3
(12)	120	6.3
(13)	160	6.3

## 【 0138 】

図11より、DNTPD:モリブデン酸化物:ルブレン(X nm)の膜厚が増しても、電圧が高くならず、程一定値を維持していることがわかる。さらに図11に示す素子では、電圧自体が低下していることがわかる。

## 【 0139 】

なお図9～図11では、有機化合物と、金属酸化物とを有する層の膜厚と、駆動電圧との関係を見出すための実験であるため、実施例1の素子構造とは異なっている。しかし、上記実施例の素子であっても、 $\alpha$ -NPD:モリブデン酸化物:ルブレンの膜厚を厚くしても、駆動電圧を高くする必要がないことがわかる。このように膜厚を厚くしても、駆動電圧を高める必要がない発光素子を用いた発光装置は、低消費電力化を図ることができる。

## 【 0140 】

またさらに、 $\alpha$ -NPD:モリブデン酸化物:ルブレンの膜厚を厚くすることにより、第1の電極と第2の電極との短絡を防止することができる。その結果、本発明の素子構造を有する発光装置は、量産性を高めることができる。

## 【 0141 】

## (実施例3)

本実施例では、金属酸化物としてモリブデン酸化物、正孔輸送性の高い有機化合物である $\alpha$ -NPD、及びモリブデン酸化物： $\alpha$ -NPDの特性を調べた。これらの膜はそれぞれ

各官能基によつて製し、セッノノノ酸化物・ $\alpha$ -NPDは低圧加熱成膜法によつて六官能基により作製した。

#### 【0142】

表4に示すように、モリブデン酸化物及び $\alpha$ -NPDと比較して、その両者を混在したモリブデン酸化物： $\alpha$ -NPDのイオン化ボテンシャルは約0.1~0.2eV小さくなっている。すなわちホール注入性が向上していることが分かる。

#### 【0143】

【表4】

膜材料	IP <sup>b</sup> (eV)
MoO <sub>x</sub>	-5.48
$\alpha$ -NPB	-5.38
MoO <sub>x</sub> : $\alpha$ -NPB (1:1) <sup>a</sup>	-5.37
MoO <sub>x</sub> : $\alpha$ -NPB	-5.27

<sup>a</sup> はmol/molを示す。  
<sup>b</sup> はイオン化ボテンシャル(B39AC-2による実測値)を示す。

#### 【0144】

図12には、これらの膜の吸収スペクトルを示す。図12をみると、モリブデン酸化物及び $\alpha$ -NPDは可視光領域に特徴的なピークを有しない。一方、モリブデン酸化物： $\alpha$ -NPD (OMO<sub>x</sub>と表記する)では、モリブデン酸化物のみの場合より吸収が低下している。このことより、モリブデン酸化物に比べ、モリブデン酸化物： $\alpha$ -NPDを用いて発光素子を形成した方が、光の吸収損失を低減することができる。

#### 【0145】

また、図12において、モリブデン酸化物： $\alpha$ -NPDは、500nm付近に新しい吸収ピークが現れている。これは、モリブデン酸化物と $\alpha$ -NPDの間で電荷移動錯体が形成されるためであると考えられる。モリブデン酸化物はアクセプターであり、 $\alpha$ -NPDはドナーである。なお、 $\alpha$ -NPDだけでなくDNTPDのようなアミン系の化合物は、ドナーとして機能することを確認している。

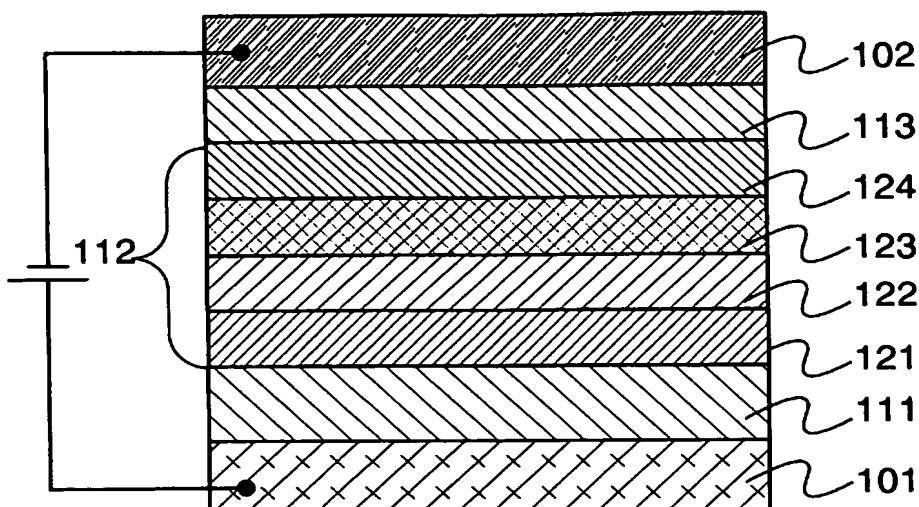
#### 【0146】

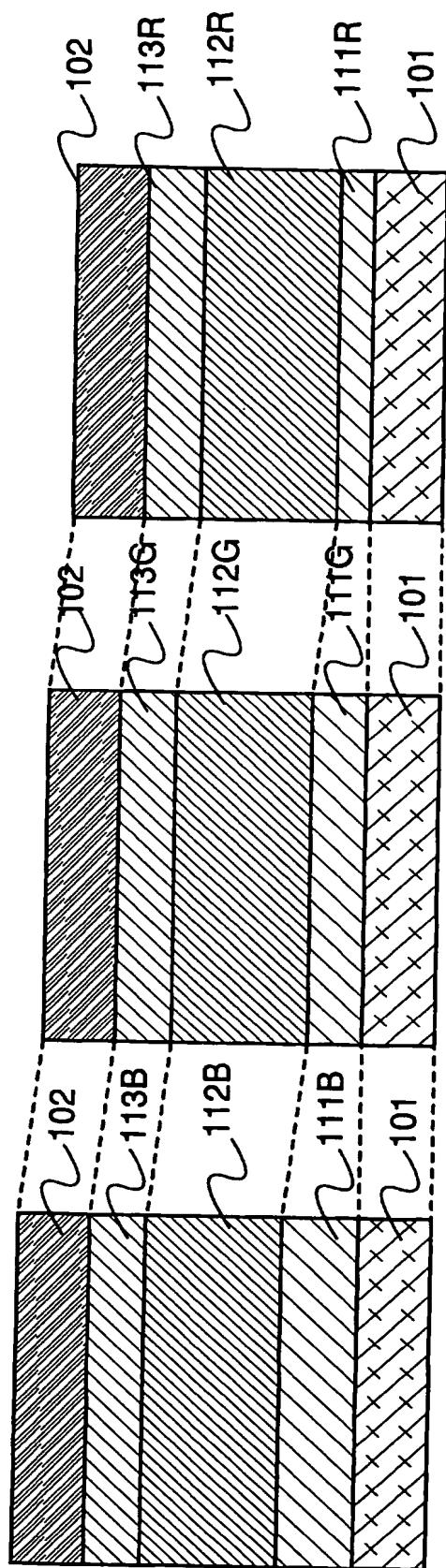
このような実験結果により、有機化合物と、特定の無機化合物とを混在させることで、それぞれの単体では得られない相乗効果を発現させることができる。無機化合物として金属酸化物であるモリブデン酸化物を用いると好ましいことがわかった。

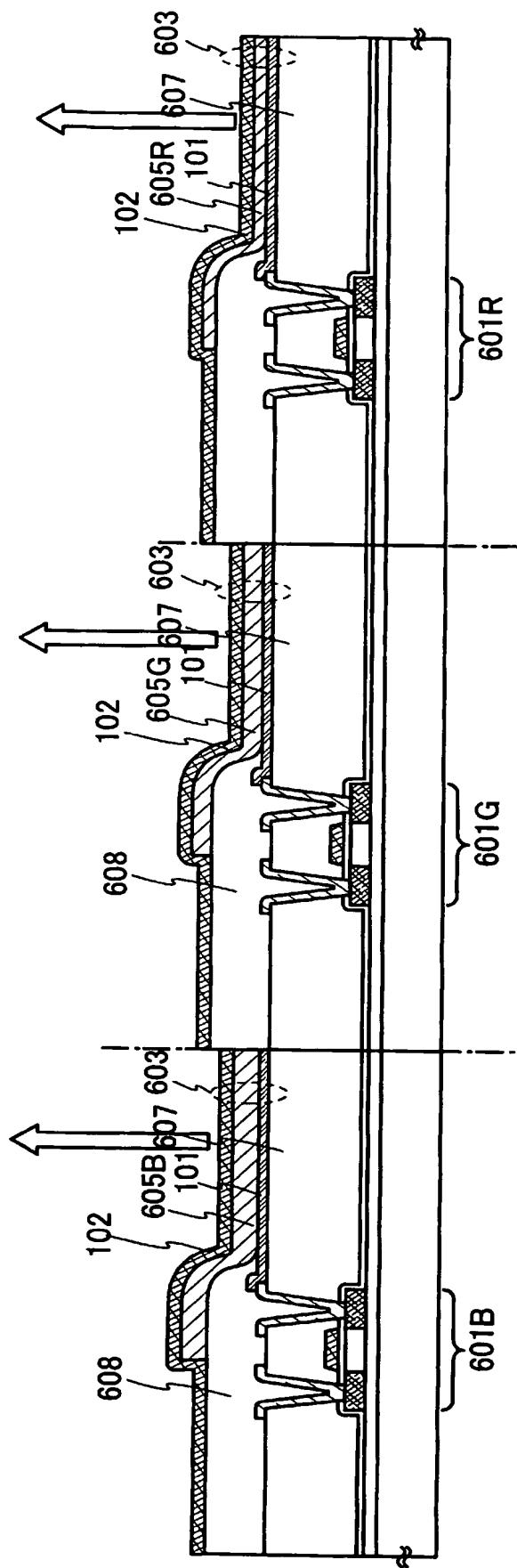
#### 【図面の簡単な説明】

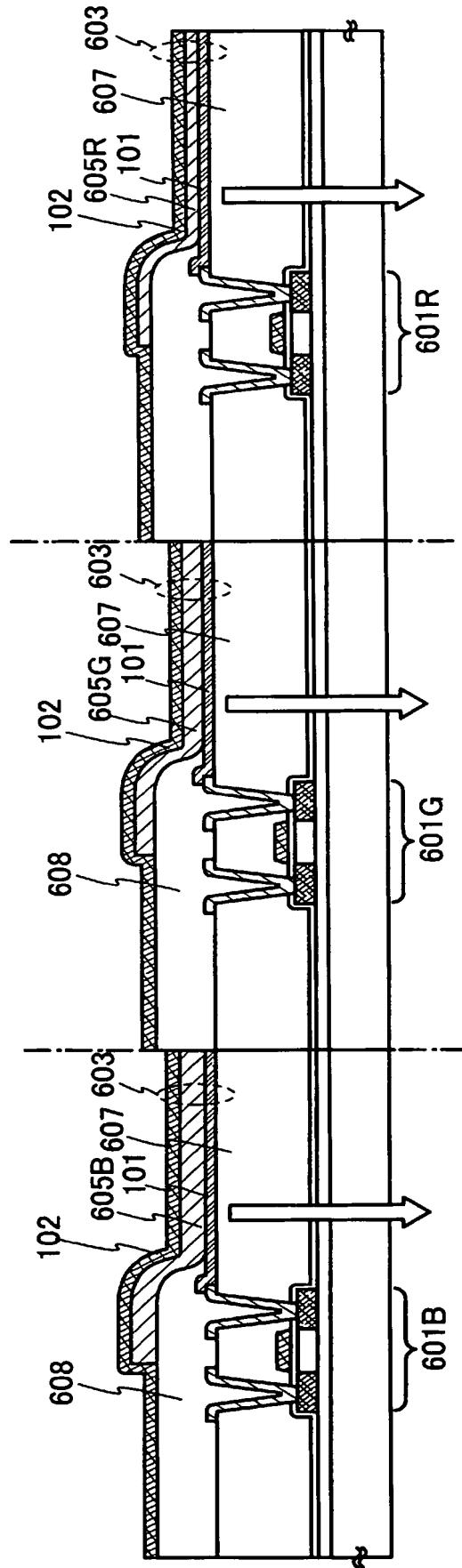
#### 【0147】

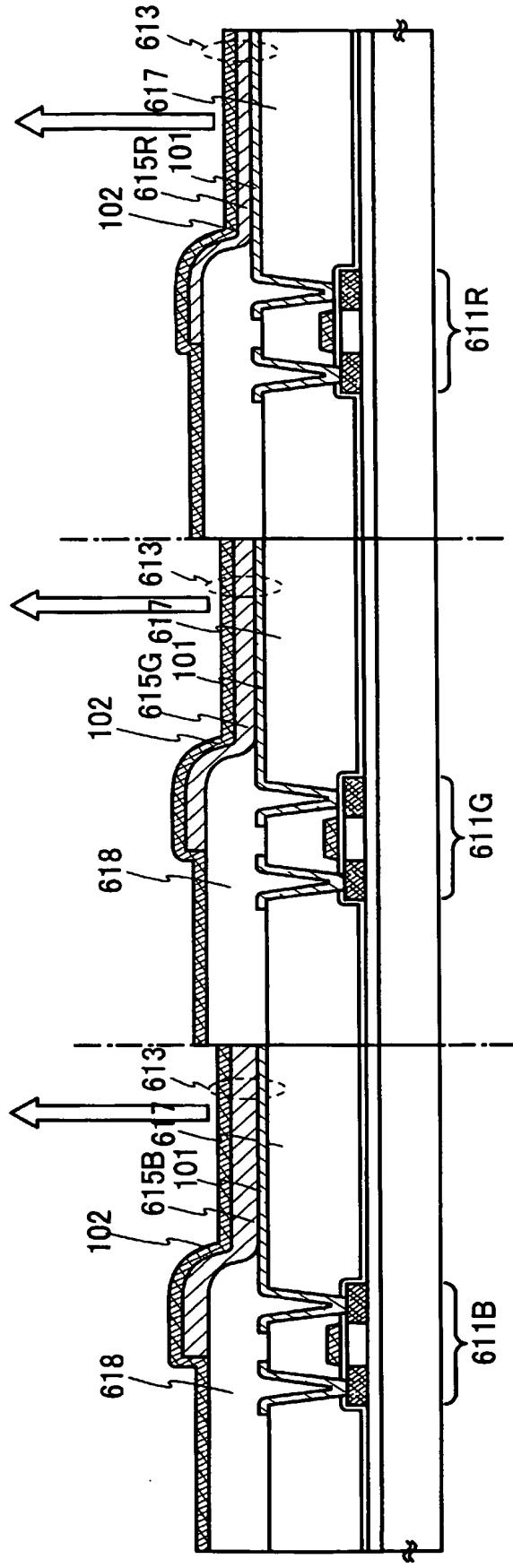
- 【図1】本発明の発光素子を示した図である
- 【図2】本発明の発光素子を示した図である
- 【図3】本発明の発光素子を有する画素の断面を示した図である
- 【図4】本発明の発光素子を有する画素の断面を示した図である
- 【図5】本発明の発光素子を有する画素の断面を示した図である
- 【図6】本発明の発光素子を有する画素の断面を示した図である
- 【図7】本発明の発光素子を有する画素の等価回路図である
- 【図8】本発明の発光素子を有する電子機器である
- 【図9】発光素子の電流密度に対する電圧を示したグラフである
- 【図10】発光素子の電流密度に対する電圧を示したグラフである
- 【図11】本発明の発光素子の電流密度に対する電圧を示したグラフである
- 【図12】発光素子の吸収スペクトルを示したグラフである
- 【図13】本発明の発光素子の波長に対する発光強度を示したグラフである
- 【図14】発光素子の波長に対する発光強度を示したグラフである
- 【図15】本発明の発光素子を示した図である

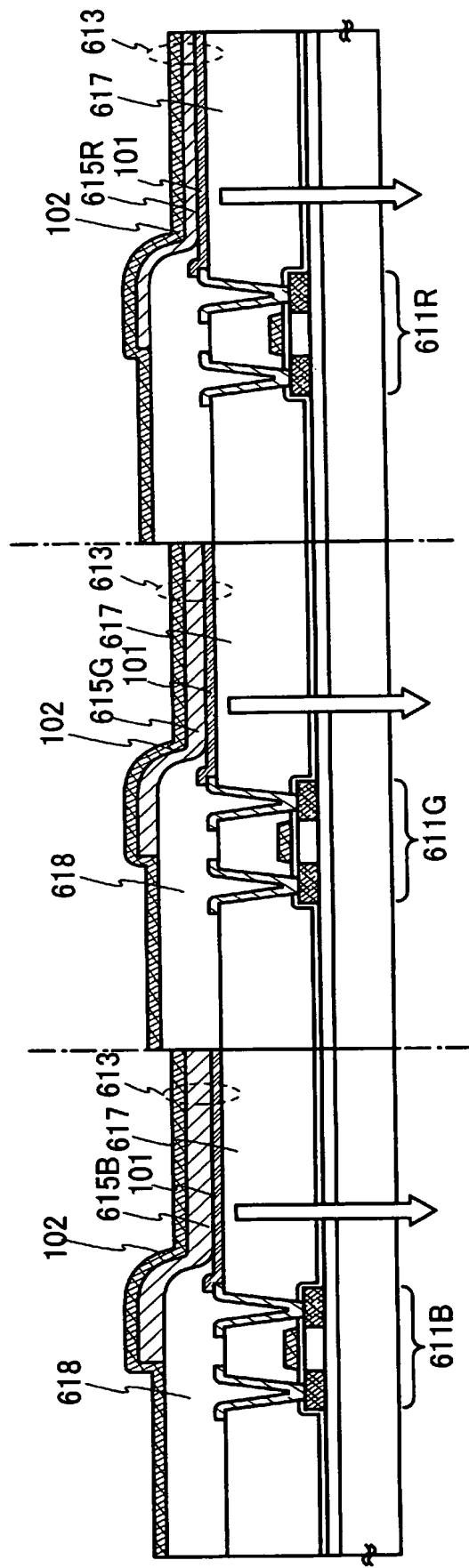




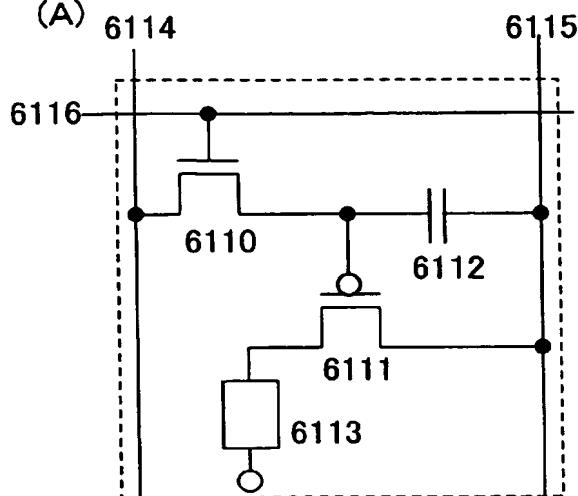




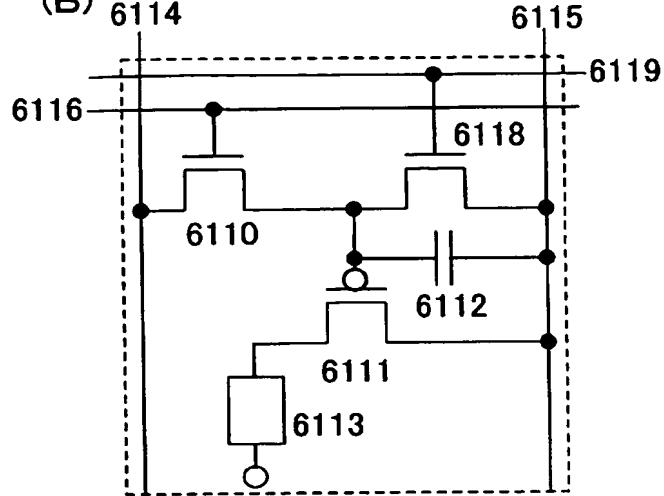




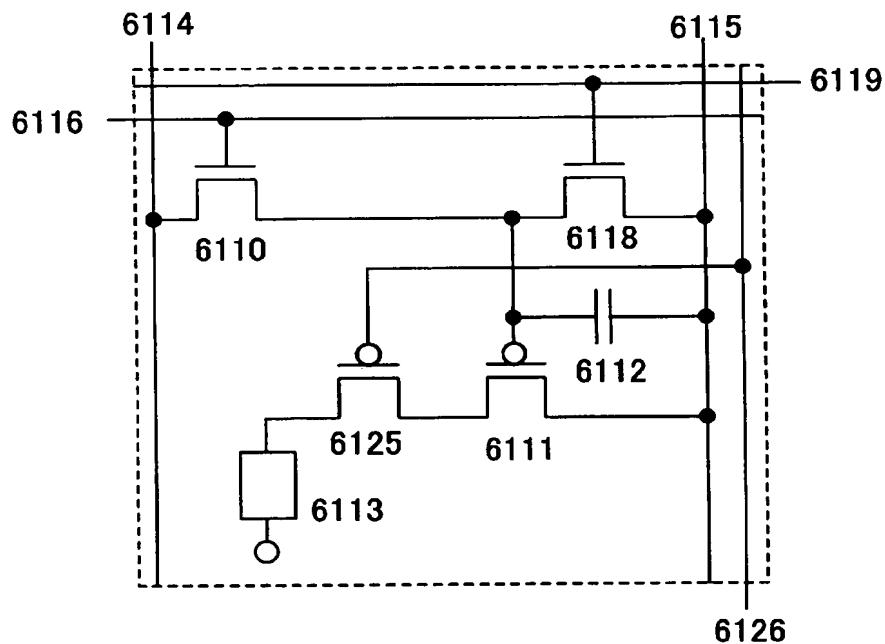
(A)

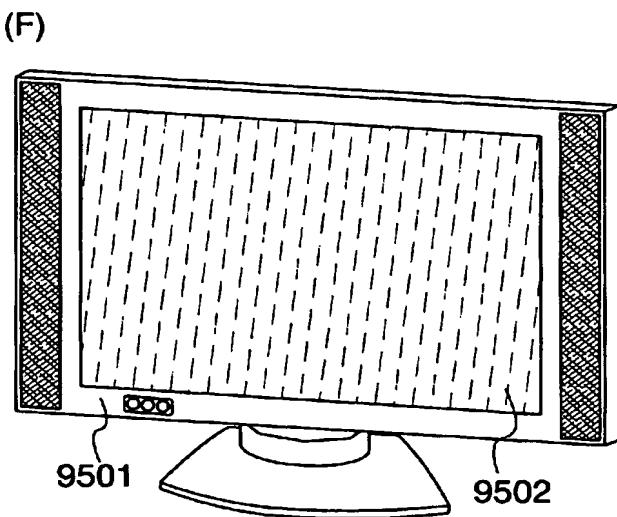
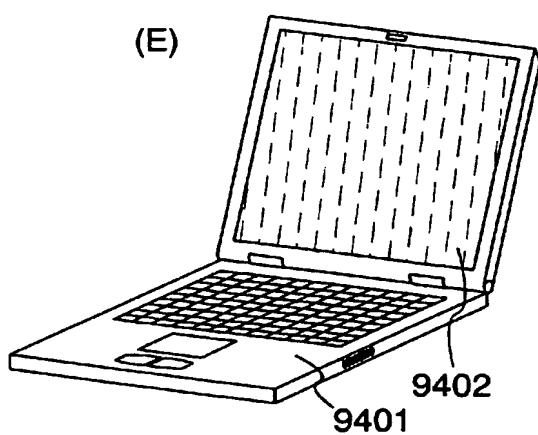
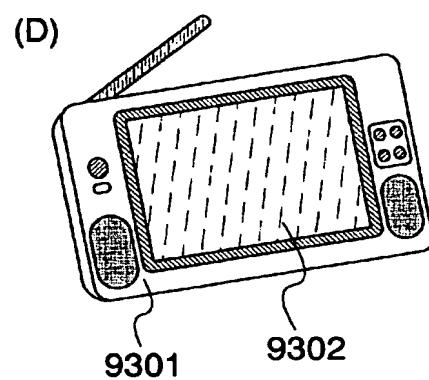
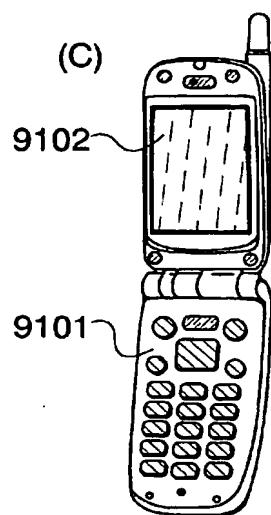
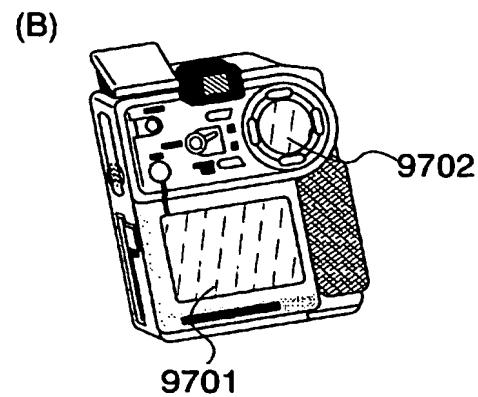
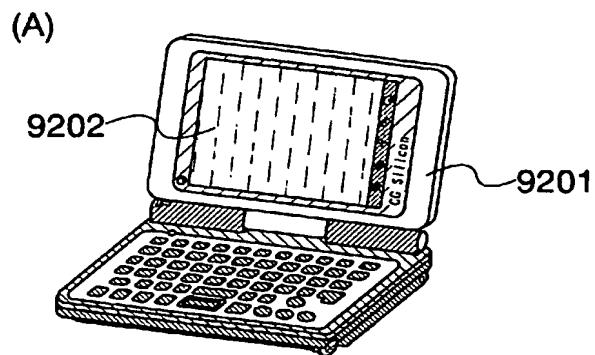


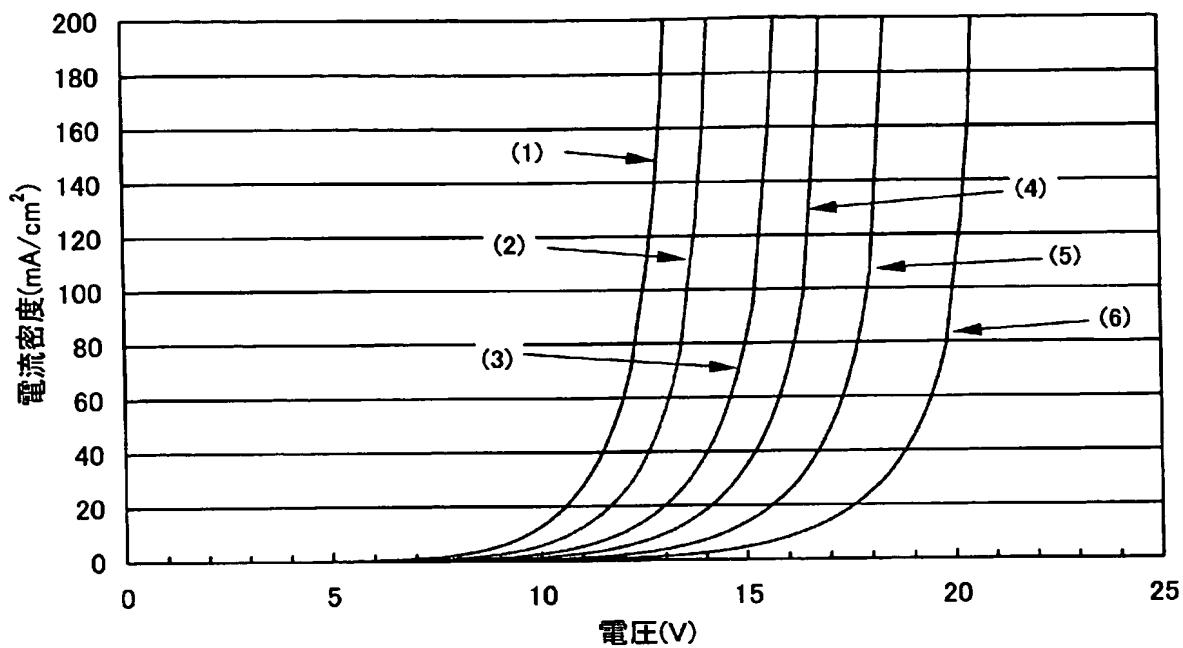
(B)



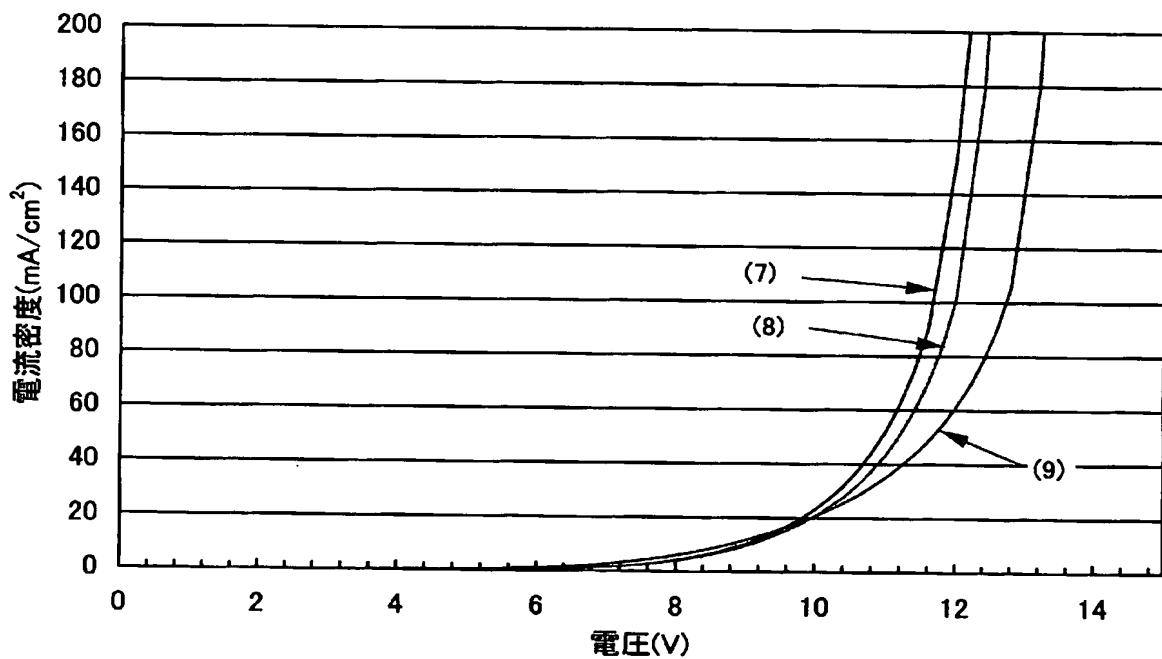
(C)

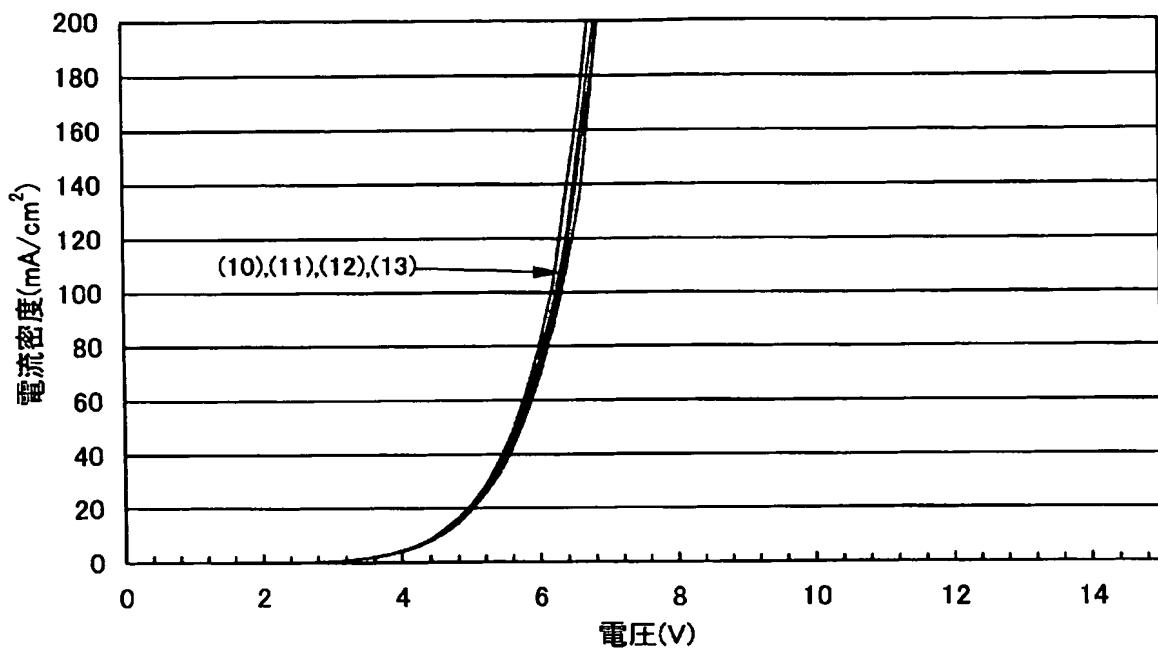




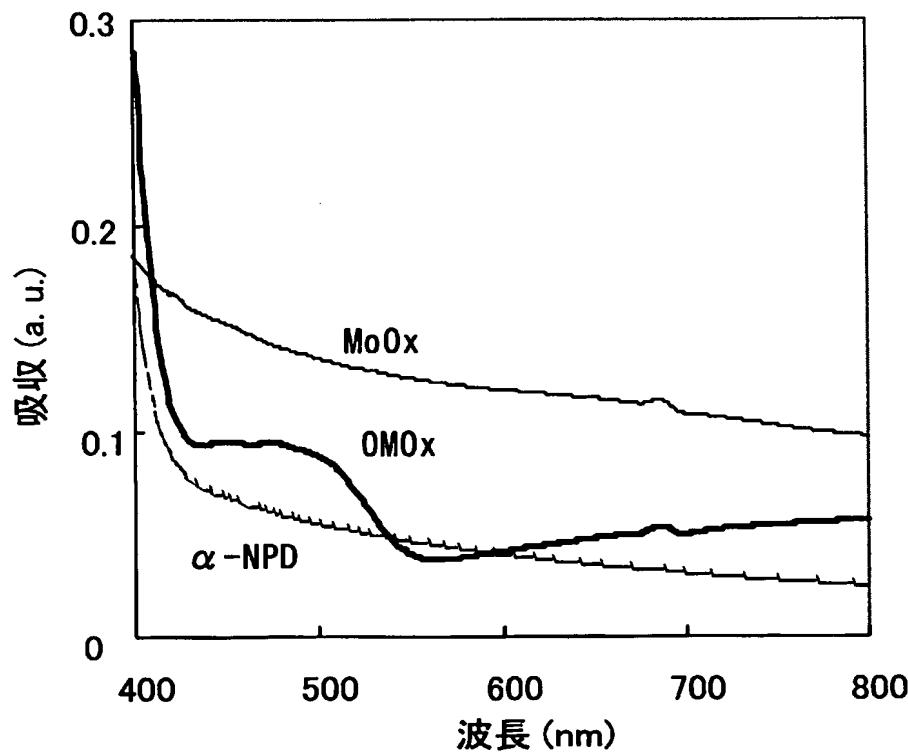


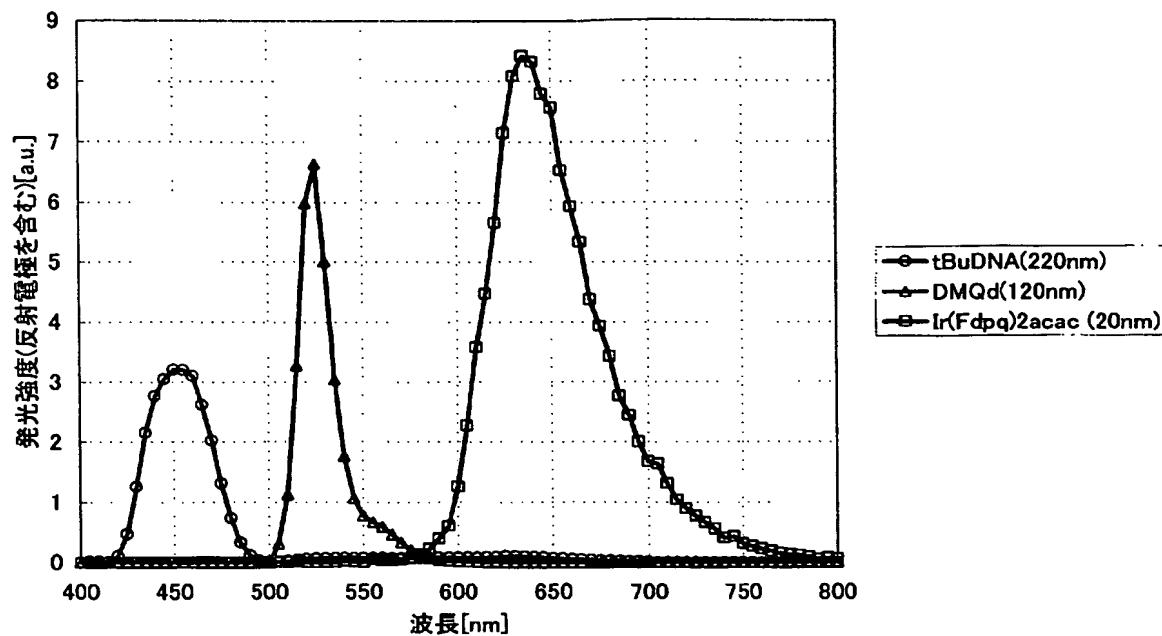
【図10】



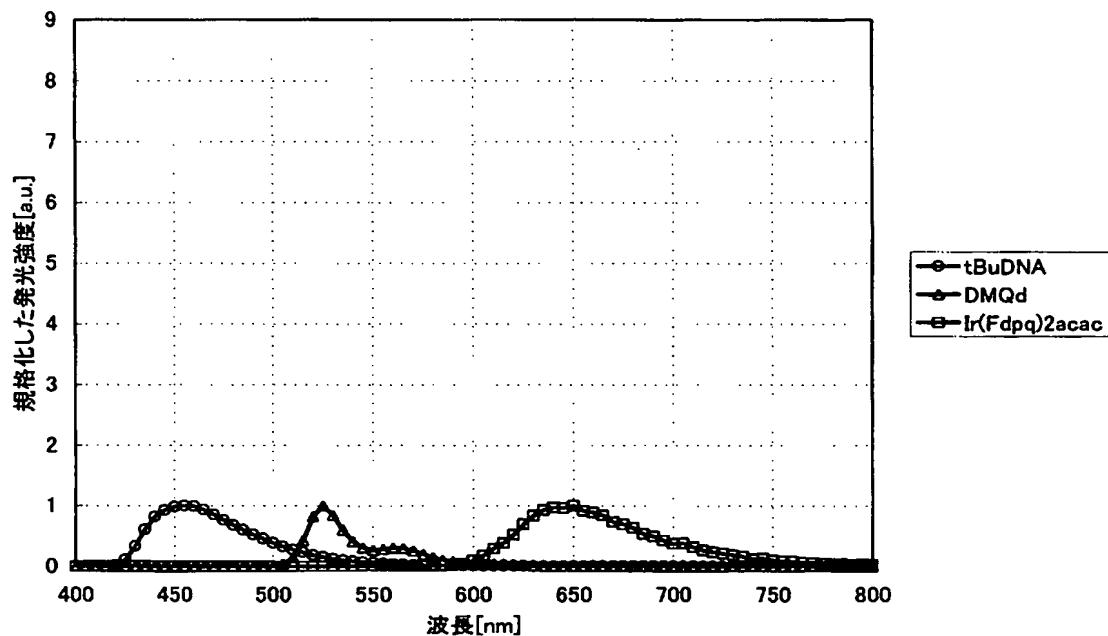


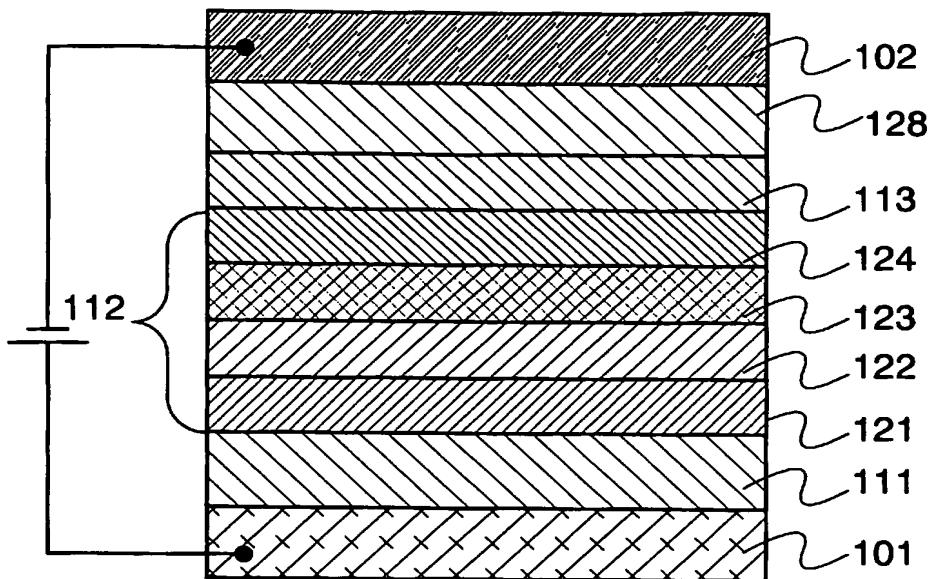
【図 1-2】





【図 1-4】





【要約】

【課題】 発光素子は、素子内での散乱や反射によって、その光の取り出し効率が低いことが問題であり、その向上が求められている。

そこで本発明は、新たな方法により、発光素子の光取り出し効率を高めることを課題とする。

【解決手段】 本発明は、陽極、及び陰極間に、正孔を発生する第1の層、各発光色の発光層を含む第2の層、電子を発生する第3の層を有し、第1の層の膜厚は、各発光色の発光層を含む層ごとに異なっていることを特徴とする発光素子である。そして第1の層には、有機化合物と金属酸化物とが混在した層を用いると、厚膜化しても駆動電圧が上昇しないため、好ましい。

【選択図】

図 2

000153878

19900817

新規登録

神奈川県厚木市長谷398番地  
株式会社半導体エネルギー研究所

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/018062

International filing date: 22 September 2005 (22.09.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-316228  
Filing date: 29 October 2004 (29.10.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 October 2005 (28.10.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse